

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 699 099

21 N° d'enregistrement national : 92 15118

51 Int Cl⁵ : B 23 K 20/02, 15/10, F 04 D 29/32, F 01 D 5/34

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 16.12.92.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 17.06.94 Bulletin 94/24.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉTUDE ET
DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION
«SNECMA» Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : Sohier Bernard, Philippe, Cornil.

73 Titulaire(s) :

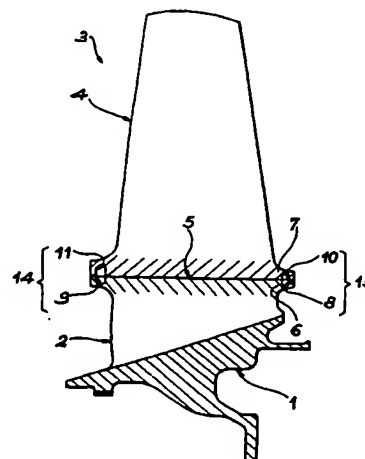
74 Mandataire : Moinat François.

54 Procédé d'assemblage par soudage-diffusion d'un disque garni d'ailettes.

57 Procédé d'assemblage par soudage et diffusion d'un
disque (1) garni d'ailettes (3).

L'assemblage concerne plus précisément des pieds (2)
et des pales (4) des ailettes, réunis par une surface de
jonction (5). Un cordon de soudure est établi autour de ces
surfaces et une compression isostatique à chaud est menée
ensuite. Le centrage des pales (4) est réalisé par des
pions (12) dont l'un n'occupe pas tout le volume de la cavité
dans lequel il est logé, de sorte que la cavité s'écrase à
la compression et fournit un repère immédiatement visible
de l'exécution correcte de la compression et de la diffusion
métallique.

Application aux rotors de turbomachines.



FR 2 699 099 - A1



PROCEDE D'ASSEMBLAGE PAR SOUDAGE-DIFFUSION D'UN
DISQUE GARNI D'AILETTES

DESCRIPTION

5 L'invention concerne un procédé d'assemblage par soudage-diffusion d'un disque garni d'ailettes, où le soudage des ailettes au disque est effectué soit pour la fabrication du disque, soit pour sa réparation en remplaçant des ailettes endommagées.

10 On utilise ici la technique de soudage par diffusion, et plus précisément avec une étape de compression isostatique à chaud : les ailettes sont composées d'un pied solidaire du disque et d'une pale, et le procédé consiste à positionner les pales sur les
15 pieds avant de réaliser un cordon de soudure par fusion autour de leur surface de jonction. Cette soudure n'a d'autre but que de clore un petit volume entre la pale et le pied ; quand la compression isostatique à chaud est produite, la différence de pression entre ce volume
20 et l'extérieur provoque un écrasement du volume et un rapprochement entre la pale et le pied, puis un contact intime de la matière à la jonction qui constitue un soudage par diffusion. On enlève ensuite par un usinage la périphérie de la surface de jonction, qui porte le
25 cordon afin d'éliminer cette partie dont la composition métallurgique est éventuellement altérée.

La périphérie usinée est en fait constituée de collerettes situées sur le pied et la pale à leur jonction et qui forment un renflement de la section de
30 l'ailette : l'usinage permet d'obtenir des pales parfaitement lisses au niveau de la zone soudée.

Il faut aussi immobiliser avec précision la pale sur le pied par un moyen qui peut être constitué, parmi de nombreuses autres possibilités, par une paire

35

de pions de centrage logés dans des paires de cavités, venant en prolongement des collerettes.

5 Le brevet américain 4 736 504 décrit un procédé d'assemblage conforme à certains points de cette spécification, mais où la compression isostatique à chaud est remplacée par une compression axiale de la pale ; l'invention peut être considérée comme un perfectionnement de ce brevet, ainsi que d'autres brevets où une compression isostatique est employée, 10 mais où aucun moyen ne permet de vérifier la qualité de la diffusion.

Les procédés actuellement connus de contrôle des pièces sont en effet souvent insuffisants pour indiquer avec certitude si la diffusion métallurgique 15 consécutive à la compression a été satisfaisante. L'idée à la racine de l'invention consiste à supprimer cette incertitude en utilisant plus complètement les pions de centrage, ou au moins certains d'entre eux, pour qu'ils puissent fournir un repère de bonne 20 exécution de la compression. L'invention est caractérisée en ce qu'au moins un des pions de centrage de chaque ailette laisse subsister un volume vide dans la paire de cavités qu'il occupe, les paires de cavités étant closes et en ce que la compression dure jusqu'à 25 ce que les volumes vides soient écrasés, des dépressions étant visibles sur les collerettes. Comme une compression isostatique est effectuée, il faut aussi établir un cordon de soudure des collerettes autour des surfaces de jonction avant de comprimer.

30 Le procédé d'assemblage pour réaliser la soudure d'étanchéité des collerettes peut être accompli en disposant le disque sur un gabarit tournant devant des moyens de soudage par faisceau énergétique qui sont aptes à souder successivement deux moitiés jointives et 35 donnant dans des directions opposées des cordons de

soudure. Il est ainsi possible d'effectuer le soudage en très peu de temps, sans devoir recourir à des manipulations nombreuses sur les pales, qui peuvent au contraire être toutes assemblées dans une période
5 préliminaire au soudage.

L'invention va maintenant être décrite plus en détail à l'aide des figures suivantes, annexées à titre illustratif et non limitatif :

- la figure 1 représente une ailette avant la compression, les figures 1A et 1B représentant deux réalisations possibles d'un détail de l'ailette à cet instant, et la figure 1C une réalisation possible d'un autre détail,
10

- la figure 2 représente l'ailette après la compression, la figure 2A un détail de la figure 2,
15

- les figures 3A et 3B représentent schématiquement deux phases de la création des cordons de soudure périphérique.

La figure 1 est une vue longitudinale et représente une section d'un disque 1 annulaire et qui peut être assemblé à d'autres éléments d'un rotor de turbomachine. Sur le disque 1 est érigé un pied 2 d'une ailette 3 qui est également composée d'une pale 4 fabriquée séparément et positionnée ensuite sur le pied 2. La surface de jonction 5 entre le pied 2 et la pale 4 est plane, et le pied 2 et la pale 4 sont chacun munis d'une collerette 6 et 7 à l'endroit de la surface de jonction 5. Les collerettes 6 et 7 forment donc localement une longueur et une épaisseur supplémentaires de la pale 3. Chacune des collerettes 6 et 7 est munie d'une paire de cavités borgnes 8, 9 et 10, 11 qui viennent en prolongement par paires (8 avec 10 et 9 avec 11) et forment alors deux cavités closes 13 et 14 destinées à recevoir des pions de centrage, respectivement 12a et 12b sur les figures 1A et 1B.
20
25
30
35

Selon l'invention, au moins un des pions de centrage a un volume sensiblement plus petit que celui de la cavité close (ici 14) qu'il occupe : dans le cas de la figure 1A, le pion 12a est un cylindre
5 sensiblement moins haut que la cavité close 14 mais de même section qu'elle ; sur la figure 1B, le pion 12b a sensiblement la même hauteur mais est constitué par une douille à paroi mince.

L'autre pion de centrage, qui occupe ici la
10 cavité close 13, peut ou non présenter cette caractéristique. Le pion 12 de la figure 1C, qui emplit presque entièrement la cavité close 13, est compatible avec l'invention.

La figure 2 représente la même vue après la
15 compression isostatique à chaud : le métal a subi une diffusion à la surface de jonction 5 qui rend la pale 4 solidaire du pied 2. Il est maintenant possible d'effectuer l'usinage des collerettes 6 et 7 jusqu'au contour 15 pour obtenir les ailettes 3 à l'état fini.
20 Les collerettes 6 et 7 ainsi que les pions de centrage disparaissent alors. Comme le montre la figure 2A, la cavité close 14 partiellement occupée par le pion de centrage 12a s'est écrasée pendant la compression et le volume vide a disparu ; une dépression 16 s'est formée
25 à l'extérieur de la collerette, ici 7, dont la rigidité sous la cavité 9 ou 11 était la plus faible. La dépression 16 est un témoin indiscutable de la compression et de la diffusion. Il suffit donc, après avoir retiré le disque de l'enceinte étanche où il
30 était plongé pendant la compression, de vérifier la présence de dépressions 16 pour chacune des ailettes. Si une dépression manque, on procède à une réparation du disque en refaisant un cordon de soudure périphérique. On peut aussi choisir un processus
35 semblable à celui d'une réparation d'ailette 3 : la

pale 4 est retirée ainsi que la collerette 6, et on ajuste un manchon autour du bout du pied 2. Ce manchon a la forme de la collerette 6 et est relié au pied 2 par un cordon de soudure. La face supérieure commune au pied 2 et au manchon est ensuite aplanie par un fraisage, et une nouvelle pale 4 porteuse d'une collerette 7 peut être posée sur elle ensuite. Les cavités borgnes 8 et 9 ont été exécutées au préalable sur le manchon. Le processus est complété par les mêmes étapes d'insertion des pions de centrage, de soudure et de compression qui ont été décrites.

On va maintenant décrire plus en détail le mode de soudage utilisé pour réaliser l'étanchéité des collerettes à l'aide des figures 3A et 3B.

Le procédé de soudage mis en oeuvre est le soudage par faisceau d'électrons. Ce procédé est adapté à cette application car tous les paramètres opératoires sont aisément pilotables (puissance, distance focale, angle de balayage, ...).

Le disque 1 auquel les pales 4 ont été fixées est placé sur un gabarit non représenté en détail mais qui comprend en particulier un axe 21 concentrique au disque, qui lui est fixé par trois mors de serrage. L'axe 21 est mis en rotation de manière à présenter une ailette 3 face au faisceau émis par un canon à électrons 22. Le canon à électrons émet un faisceau dirigé sur le contour de jonction des collerettes 6 et 7, faisceau fixe ou mobile par balayage (selon une rotation d'angle B) La combinaison de la vitesse de rotation de l'axe 21 et du réglage des paramètres de soudage permet au faisceau d'irradier une première moitié 23 du périmètre de la surface de jonction 5. Le faisceau d'électrons a une énergie suffisante pour créer une soudure superficielle des collerettes 6 et 7, mais insuffisante pour donner une grande pénétration.

Quand le cordon de soudure est réalisé sur la première moitié 23, la rotation de l'axe 21 amène une ailette 3 suivante devant le canon à électrons 22. Comme le disque 1 est une structure parfaitement régulière, les surfaces de jonction 5 viennent toutes devant le canon à électrons 22 sans qu'il soit nécessaire de régler son orientation ou sa position.

La seconde moitié 24 du périmètre des surfaces de jonction 5 est ensuite soudée selon le même principe, soit par un second canon à électrons 25 actif en même temps que le précédent et dont le faisceau est émis dans une direction sensiblement opposée et avec un décalage suffisant autour du disque, soit par le même canon à électrons 22 après avoir démonté le disque 1 de l'axe 21 et l'avoir remonté dans l'autre sens. Quand les moitiés 23 et 24 des périmètres de toutes les surfaces de jonction 5 ont subi l'irradiation par le canon à électrons, et après avoir vérifié que les soudures d'étanchéité sont correctes, on procède à la compression isostatique à chaud.

Dans le cas où la disposition des ailettes 3 ne permet pas de réaliser le soudage des collerettes en deux étapes, par demi-périmètres, le soudage sera effectué en étapes plus nombreuses. Pour chacune des étapes, le canon à électrons occupera une position permettant au faisceau d'embrasser une portion déterminée du périmètre de jonction, sous l'effet de la rotation de l'axe 21.

Les canons à électrons 22 et 25 peuvent être remplacés par des dispositifs équivalents suffisamment énergiques pour fondre localement la matière des collerettes 6 et 7.

Une compression satisfaisante pour des ailettes 3 en alliage de titane (alliage TA6V) est de 20 à 500 bars à 920°C environ pour une durée de quelques dizaines de minutes.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'assemblage par soudage-diffusion d'un disque (1) garni d'ailettes (3) composées d'un pied (2) solidaire du disque (1) et d'une pale (4), les
5 pales (4) et les pieds (2) étant munis de collerettes (6, 7) creusées de cavités (8 à 11), consistant à installer les pales (4) sur les pieds (2) de façon que les collerettes (6, 7) se touchent par des surfaces de
10 jonction (5) et que les paires (13, 14) de cavités viennent en prolongement, des pions (12) de centrage étant logés dans les paires (13, 14) de cavités, caractérisé en ce qu'au moins un (12a, 12b) des pions de centrage de chaque ailette (3) laisse subsister un
15 volume vide dans la paire de cavités qu'il occupe, un cordon de soudure des collerettes (6, 7) est établi autour des surfaces de jonction (5) et une compression isostatique à chaud est ensuite entreprise pour souder entièrement par diffusion les pales (4) aux pieds (2)
20 aux surfaces de jonction (5), les paires de cavités (13, 14) étant closes, et en ce que la compression dure jusqu'à ce que les volumes vides soient écrasés, des dépressions (16) étant visibles sur les collerettes (6, 7).

2. Procédé d'assemblage par soudage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le disque (1)
25 est fixé à un gabarit (21) tournant devant des moyens de soudage (22, 25) qui soudent successivement deux moitiés (23, 24), donnant dans des directions opposées, des cordons.

3. Procédé d'assemblage par soudage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les pions de centrage (12b) laissant
30 subsister un volume vide sont des douilles évidées au centre.

4. Procédé d'assemblage par soudage et diffusion selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les pions de centrage (12a) laissant subsister un volume vide ont une hauteur inférieure à la hauteur totale des paires de cavités qu'ils occupent.

5

1/3

FIG. 1

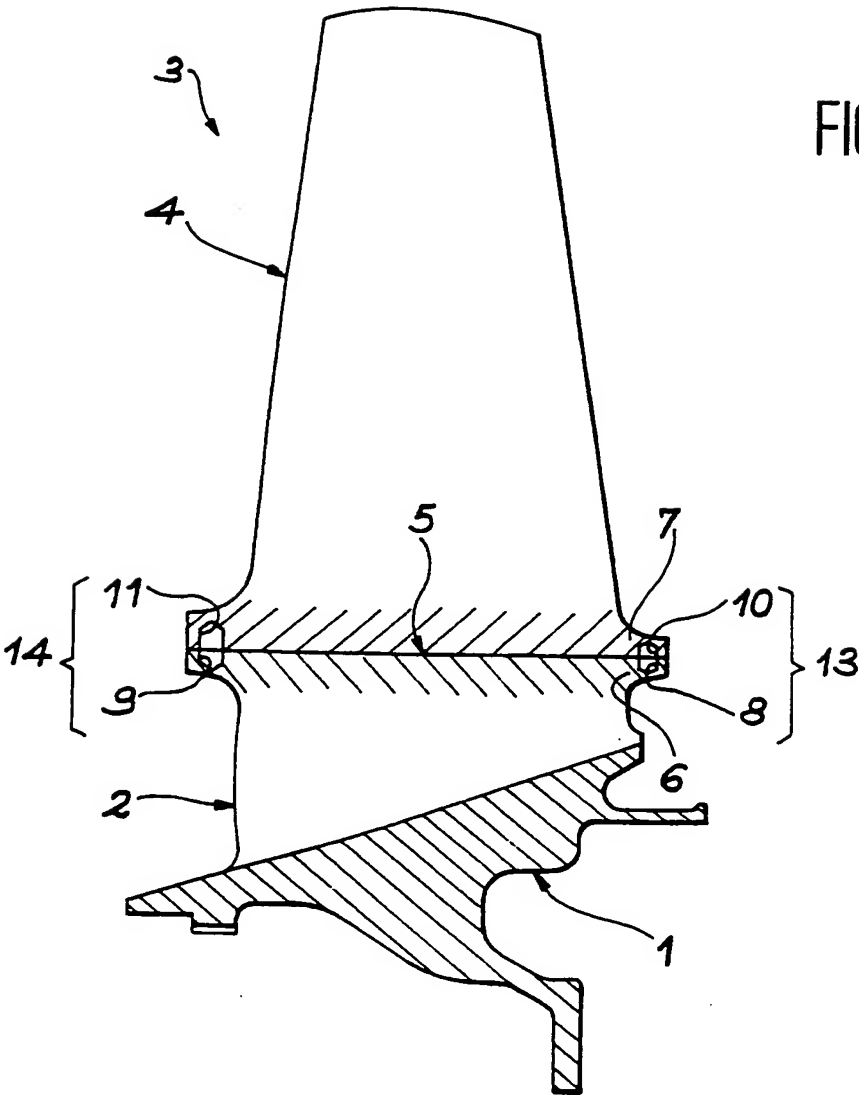


FIG. 1A

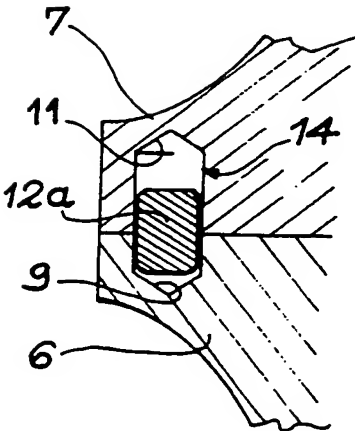
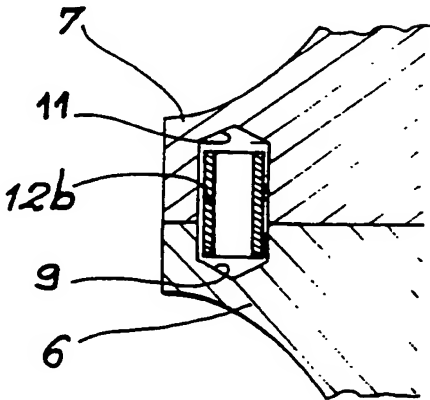


FIG. 1B



2 / 3

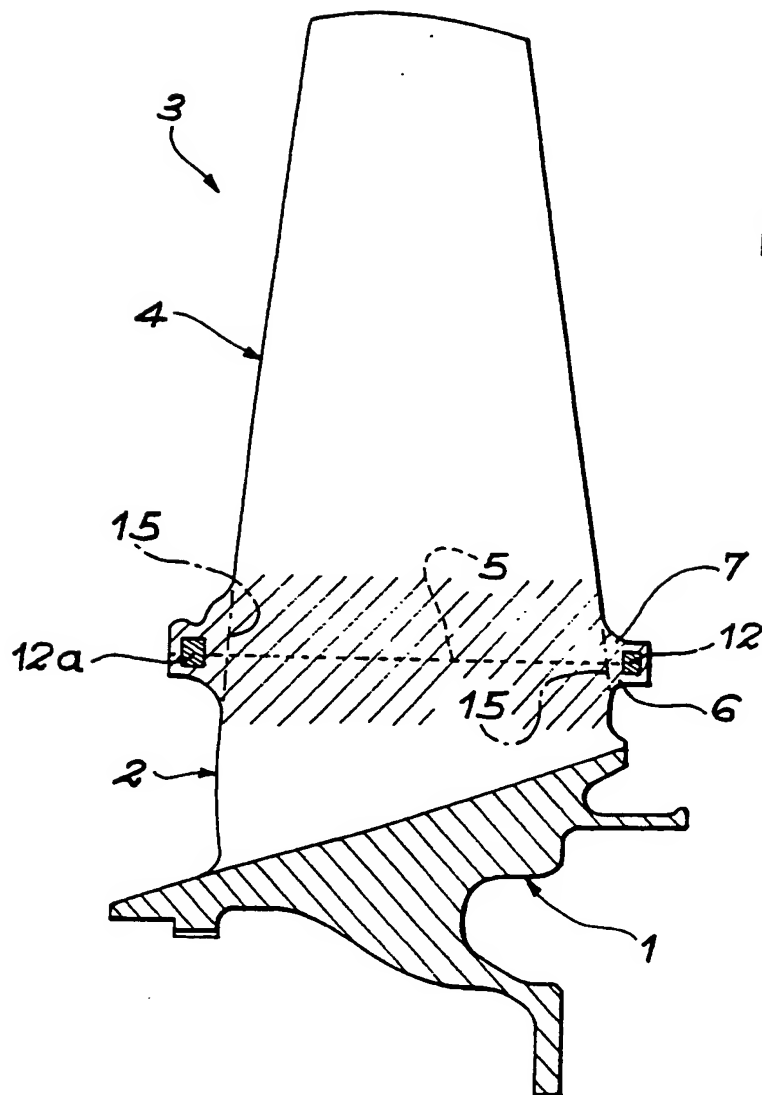


FIG. 2

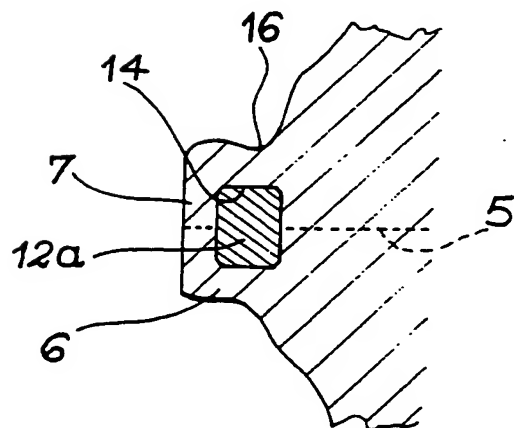


FIG. 2A

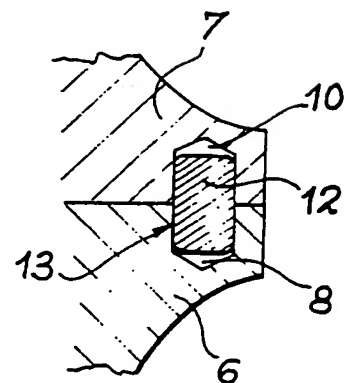


FIG. 1C

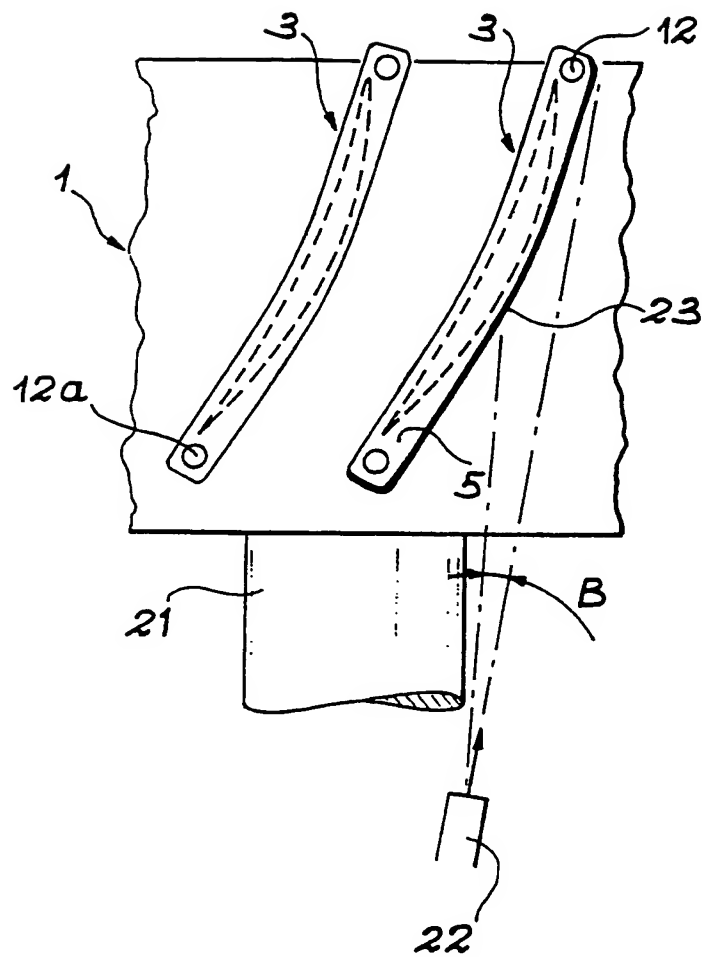
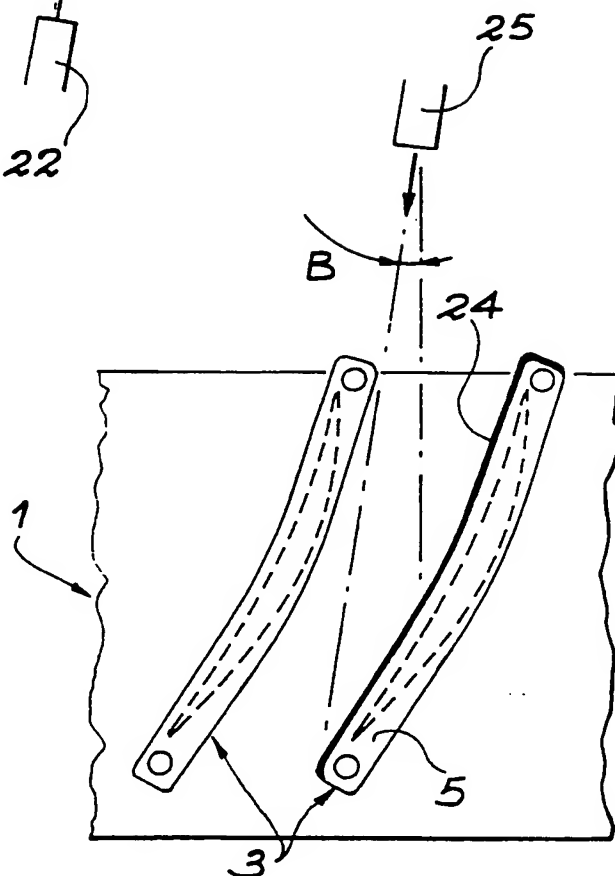


FIG. 3A

FIG. 3B



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9215118
FA 480217

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	GB-A-2 193 125 (ROLLS-ROYCE PLC) * abrégé; figure 4 * ----	1,3,4
Y,D	US-A-4 736 504 (JONES) * le document en entier * ----	1,3,4
A	EP-A-0 398 134 (FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH) * colonne 1, ligne 30 - colonne 3, ligne 1; figure 1 * ----	1,2
A	EP-A-0 042 744 (THE GARRETT CORPORATION) * revendications 1,2; figures 1-3 * -----	1,2
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		B23K
Date d'achèvement de la recherche 24 AOUT 1993		Examinateur CUNY J.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>-----</p> <p>& : membre de la même famille, document correspondant</p>		